

**PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA FINCA CHAPOLITO  
VEREDA LA MARIA**

**ANA CRISTINA AGUDELO ARIAS  
1061369891**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA/RISARALDA  
2020**

**PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA FINCA CHAPOLITO  
VEREDA LA MARIA.**

**ANA CRISTINA AGUDELO ARIAS**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ADMINISTRADORA  
AMBIENTAL**

**DIRECTOR:**

**TITO MORALES PINZÓN**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA/RISARALDA  
2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda y cuando caigo y me pones a prueba aprendo de mis errores.

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban, gracias por ser mis pilares fundamentales y haberme apoyado incondicionalmente. Lida Arias y Gustavo Agudelo.

Ella pues, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, el poder haber culminado esta tesis con éxito. Adriana Quintana.

## Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA .....	2
2	OBJETIVOS .....	5
3	MARCO GENERAL .....	5
3.1	ASPECTOS TEÓRICOS.....	5
3.2	MARCO CONTEXTUAL .....	7
3.2.1	Localización.....	7
3.3	MARCO LEGAL .....	10
4	METODOLOGÍA .....	14
5	SIMULACIÓN DEL CONTEXTO .....	17
6	DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE GESTIÓN AMBIENTAL, PARA LA FINCA CHAPOLITO HACIA EL MEJORAMIENTO AMBIENTAL.....	25
6.1	ESTRATEGIAS GENERALES DE GESTIÓN AMBIENTAL .....	26
7	CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES.....	28
8	BIBLIOGRAFÍA.....	29
9	ANEXOS.....	31
9.1	Anexo 1. Ecuaciones del modelo Stella.....	31

## Índice de imágenes

Imagen 1. Fotos del establo de cerdos de la Finca El Chapolito. ....	3
Imagen 2. Localización del municipio de Viterbo.....	7
Imagen 3. Relación de valores máximos y mínimos de peso de cerdos y la generación de estiércol (ecuación de regresión).....	18
Imagen 4. Expresión para calcular intervalos de confianza con varianza conocida. ....	19
Imagen 5. Bucle multivariado que simula producción y almacenamiento de estiércol en la Finca El Chapolito. ....	21
Imagen 6. Gráfica del número de cerdos jóvenes y adultos simulados a lo largo de un año.....	21
Imagen 7. Cantidad de cerdos adultos y jóvenes de la Finca con tasa de mortalidad de 5%.....	22
Imagen 8. Comportamiento simulado de los ingresos totales brutos de la finca El Chapolito. ....	23
Imagen 9. Simulación del volumen de porcínaza disponible y requerido para la fertilización de cultivos de la finca El Chapolito.....	24

## Índice de tablas

Tabla 1. Marco legal aplicable a las actividades desarrolladas.....	10
Tabla 2. Diseño metodológico.....	16
Tabla 3. Variables seleccionadas y distribución estadística. ....	17
Tabla 4. Variables y cantidad de estiércol generado por cada Kg de cerdo para diez cerdos. ....	18
Tabla 5. Estadísticas de la producción de estiércol en la Finca El Chapolito.....	19
Tabla 6. Relación mensual del volumen de purines generado y el requerido para fertilizar. ....	24
Tabla 7. Análisis de matriz DOFA.....	25

## **RESUMEN**

El presente trabajo se desarrolla como una Propuesta de Gestión Ambiental para la finca Chapolito en la vereda La María en el municipio de Viterbo, Caldas. Su objetivo será identificar, disminuir, prevenir, controlar y/o compensar o potencializar los impactos ambientales que generan las actividades determinadas y estudiadas dentro del predio. Las cuales pudiesen afectar de manera positiva o negativa el área de influencia directa e indirecta en términos ambientales, sociales, culturales y económicos. Para tal fin, se presenta la gestión ambiental como una oportunidad para el mejoramiento y aprovechamiento del medio ambiente en el cual se encuentra el predio la Chapolito, con la finalidad de encaminar la gestión ambiental dentro de la finca para generar acciones que contribuyan a la solución de problemas ambientales y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

De acuerdo a lo anterior se define la realización de un diagnóstico del estado actual del territorio y de la capacidad de gestión ambiental dentro del predio, determinado también los actores sociales e institucionales que intervienen en dicha gestión, en donde se definirán las potencialidades y los conflictos existentes dentro de la gestión ambiental actual de la finca el Chapolito.

La determinación de los puntos neurálgicos de la gestión ambiental es fundamental para la realización de estrategias a partir de las realidades y recursos disponibles, para lograr el fortalecimiento de la gestión ambiental del predio y sus actividades comerciales.

La administración de la finca es quién determina la apropiación y aplicación de los lineamientos ambientales que conllevan a la interacción de los distintos actores sociales e institucionales, con la finalidad de mejorar en los aspectos ambientales, no solo dentro del predio, sino también en las áreas de influencia determinadas. Encaminado entonces las acciones entorno a una planeación estratégica para lograr una adecuada gestión ambiental de la finca Chapolito.

**PALABRAS CLAVES:** plan de manejo, impactos ambientales, fuentes de generación, potencial de aprovechamiento.

## **ABSTRACT**

The present work is developed as an Environmental Management Proposal for the Chapolito farm in the La María village in the municipality of Viterbo, Caldas. Its objective will be to identify, to decrease, to prevent, to control and / or to compensate or potentiate the environmental impacts detected by the controlled and studied activities within the enterprise. They could positively or negatively affect the direct and indirect influence area in environmental, social, cultural and economic terms. To this end, environmental management is presented as an opportunity for the improvement and use of the environment in which the Chapolito property is located, in order to direct environmental management within the farm to generate actions that contribute to the solution environmental problems and the sustainable use of natural resources.

According to the above, a diagnosis of the current state of the territory and the capacity of environmental management within the property is defined, specifically also the social and institutional actors involved in said management, where the potentialities and conflicts are defined effectively within the current environmental management of the El Chapolito farm.

The determination of the key points of environmental management is essential for the realization of strategies based on the realities and available resources, to achieve the strengthening of the environmental management of the property and its commercial activities.

The administration of the farm is the one who determines the appropriation and application of the environmental guidelines that involve the interaction of the different social and institutional actors, with the resolution to improve in the environmental aspects, not only within the property, but also in the areas of influence. Then the actions aimed at strategic planning to achieve adequate environmental management of the Chapolito farm.

**KEY WORDS:** management plan, environmental impacts, generation sources, potential use.

# **1 INTRODUCCIÓN**

La gestión ambiental se presenta como la oportunidad para determinar y orientar las bases de las acciones sociales que afectan el medio ambiente, es por esta razón que el presente proyecto consiste en la formulación de una Propuesta de Gestión Ambiental para la finca el Chapolito, ubicada en el municipio de Viterbo del departamento de Caldas. A partir de la determinación del estado actual y real de la gestión ambiental dentro del predio y los recursos existente, también de determinar el área de influencia y los impactos generados por los sistemas productivos. Lo que conlleva a la determinación de las potencialidades y conflictos, determinadas por la aplicación de técnicas metodológicas como la DOFA y la Matriz de Análisis Estructural a partir de los cuales se determinaron acciones estratégicas para lograr una consolidada propuesta de gestión ambiental para la finca Chapolito.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

En el marco de la etapa de profesionalización de los administradores ambientales, el proceso de formación orientado al fortalecimiento de la capacidad de entender la complejidad de las problemáticas ambientales que se manifiestan en los territorios concretos a través de problemas puntuales relacionados con temas como el recurso hídrico, residuos sólidos, problemas sociales, económicos y esto solo por nombrar algunos. Como lo describe Enrique Leff (2004) en su libro Aventuras de la Epistemología Ambiental:

“El ambiente no es la ecología, sino la complejidad del mundo; es un saber sobre las formas de apropiación del mundo y de la naturaleza a través de las relaciones de poder que se han inscrito en las formas dominantes de conocimiento.”

Es por esto que el presente trabajo permitirá evidenciar a través de un proceso investigativo parte de la realidad ambiental, no solo de la finca Chapolito sino también de gran parte de la Vereda La María buscando así una propuesta de gestión ambiental a partir de la elaboración de lineamientos que direccionan la gestión ambiental del predio, Proponiendo elementos estratégicos encaminados a una gestión ambiental en base a los límites y alcances dados por el marco normativo y en coherencia con las acciones y estrategias propuestas de acuerdo a las necesidades presentes en la finca Chapolito en el ámbito de la gestión ambiental, logrando así un desarrollo integral en la gestión ambiental del Municipio de Viterbo Caldas que contribuirá a una mejor calidad de vida de sus habitantes y la sustentabilidad de sus recursos naturales.

Teniendo en cuenta lo descrito en el párrafo anterior, esta investigación parte de un enfoque interdisciplinar, en aras de reconocer las bases adecuadas para el planteamiento de



alternativas de solución a los lineamientos estratégicos para la zona de estudio, de tal forma que se integren aspectos de la dimensión socioeconómica, cultural, política y natural, con el fin de mejorar la gestión ambiental de la finca Chapolito y consolidar las competencias que debe desarrollar el administrador ambiental en su perfil de gestor de desarrollo y gestor cultural.

De esta manera, en el perfil del Administrador Ambiental se espera formar profesionales que sean aptos para administrar técnica y científicamente el medio ambiente y la oferta potencial de recursos a nivel biofísico en diferente escala, también el administrador se identifica con el medio ambiente y comprende el entorno en la toma de decisiones del que hacer social, tanto en lo público como en lo privado. El trabajo interdisciplinario del administrador ambiental ayuda a la comprensión de escenarios dinámicos y complejos, esto ayudando a la generación de nuevos criterios y condiciones que promuevan el desarrollo y la mejora de la calidad de vida de los habitantes del municipio dentro del concepto de la sostenibilidad ambiental, logrando así, mejoras en las acciones administrativas del predio, entorno a la gestión ambiental del territorio local.

## **1.2 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA**

Las relaciones sociales e institucionales no responden a los procesos administrativos y productivos de la finca Chapolito, vereda La María del municipio de Viterbo, Caldas, la importancia de generar adecuadas interrelaciones para llegar a generar una conveniente utilización de los recursos útiles y aprovechables. Lo anterior conlleva a una insuficiente gestión ambiental que deteriora y dificulta los procesos de gestión que se podrían desarrollar exitosamente en el territorio, comprendiendo la importancia de las fincas agropecuarias dentro de un municipio como lo es Viterbo.

En la finca, se evidencian acciones insuficientes dentro de las decisiones de la administración en torno a la gestión ambiental, lo que está maximizando problemas ambientales como; vertimientos de aguas residuales de las actividades realizadas en la finca, emisión de olores, manejo de residuos sólidos, manejo de sustancias peligrosas y extracción de recursos naturales. Los impactos ambientales generados a partir de una inadecuada gestión ambiental pueden llegar a generar impactos negativos al medio ambiente considerable e irreversible.

La problemática en cuanto a la gestión ambiental radica en términos de concepción y enfoque, planeación y ejecución, tal como se cita en la guía del SIGAM; "...desde el punto de vista de la concepción y el enfoque en la gestión ambiental propuesta desde este municipio predomina el tradicional enfoque sectorial que fracciona de manera artificial lo que son relaciones de interdependencia de los procesos ambientales, conduciendo a

prácticas parciales o incompletas que inhiben o neutralizan los efectos positivos de las inversiones y los recursos”.<sup>1</sup>

De manera general la finca vista como un sistema presenta varios problemas algunos de carácter administrativo y estructural, por lo que en consecuencia desde la administración ambiental se hará un abordaje a partir de lineamientos aplicables para la gestión ambiental, en relación a las actividades económicas, productivas, sociales y ambientales del sistema.

*Imagen 1. Fotos del establo de cerdos de la Finca El Chapolito.*



---

<sup>1</sup> Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, SIGAM; guía de gestión administrativa; Bogotá; Opciones Gráficas Ltda. 2002; Libro 1.



Fuente: Elaboración Propia

## **2 OBJETIVOS**

### **General**

Formular una propuesta de Gestión ambiental para la finca Chapolito, de la Vereda La María en el municipio de Viterbo Caldas.

### **Específicos**

- Diagnosticar la situación ambiental actual del área de influencia de la finca Chapolito, de la Vereda la María, municipio de Viterbo, Caldas.
- Determinar los impactos ambientales significativos generados en la finca Chapolito.
- Diseñar estrategias que conduzcan al mejoramiento de los procesos de gestión ambiental de la finca Chapolito.

## **3 MARCO GENERAL**

### **3.1 ASPECTOS TEÓRICOS**

El nivel de interacción existente entre los distintos campos ecosistémicos, sociales, culturales, económicos, políticos y ambientales, demuestra la relación entre las ciencias sociales y las naturales, permitiendo la inserción de nuevas disciplinas y dejando las puertas abiertas a enfoques interdisciplinarios.

En los procesos de actividad productiva se interacciona con los sistemas ambientales, y las malas prácticas que se dan en las actividades mineras, agrícolas, ganaderas, urbanas e industriales, generan impactos negativos cuando la explotación de los recursos, sobrepasan sus niveles permisibles de intervención ocasionando: contaminación, desertización, eutrofización y pérdida de la biodiversidad. También se dan fenómenos naturales que afectan negativamente los sistemas ambientales y que ocasionan problemas ambientales, cuando hay una mala planificación y no hay planes de emergencia adecuados al contexto (González, 2016).

De esta manera el enfoque de las ciencias ambientales han surgido como base para fundamentar y comprender un conocimiento integrado, utilizando la interdisciplina, el diálogo de saberes y el pensamiento complejo como práctica en la construcción del saber ambiental para integrar las bases ecosistémica, la social y la cultural, para contribuir a la reducción o a la solución de los problemas ambientales ocasionados por una mala explotación de los ecosistemas (Universidad Tecnológica de Pereira, 2009).

La gestión ambiental comprendida y definida a partir de la interdisciplinariedad aparece como alternativa para enfrentar los problemas ambientales existentes, entonces la gestión ambiental es:

“...el conjunto de acciones y estrategias mediante las cuales se organizan las actividades antrópicas que influyen sobre el ambiente con el fin de lograr una adecuada calidad de vida previniendo o mitigando los problemas ambientales. Partiendo del concepto de desarrollo sostenible se trata de conseguir el equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del medio ambiente. Es un concepto integrador que abarca no solo las acciones a implementarse sino también las directrices, lineamientos, y políticas para su implementación” (Massolo, 2015).

Las ciencias ambientales han tenido dificultad para comprender los problemas ambientales ya que "El problema del medio ambiente no es sólo tecnológico sino social y simbólico; por lo tanto, se necesita estudiar cómo influye una determinada forma de organización social en el medio ambiente, y también, cómo afecta la concepción ideológica nuestro comportamiento ambiental. Muchos de los problemas que tenemos no son de tipo tecnológico, sino de carácter ideológico” (Tobasura, 2009).

Por lo cual es de vital importancia para una adecuada gestión ambiental la integración de distintas ciencias que se articulen y comprendan a partir de una visión holística la problemática ambiental.

“La problemática ambiental se concibe como un hecho de carácter eminentemente social que emerge de esa realidad compleja en las que están insertos los problemas ambientales” (Díaz, 2016) generados por la intervención humana y sus actividades en torno al desarrollo económico.

Duque (2006) explicita que “La problemática ambiental no se sitúa en los síntomas sino en el interior de la cultura y de los procesos sociales, económicos, tecnológicos, simbólicos, etc., inherentes a los sistemas de producción mediante los cuales la humanidad se articula o desarticula con el sistema natural, contextualizada por una forma cultural concebida como un hecho eminentemente social que emerge de una realidad compleja en las que están inmersos los problemas ambientales”.

Partiendo de los conceptos anteriores, presenta entonces la gestión ambiental la oportunidad de tener propuestas de desarrollo sostenible potencializando así las cualidades biofísicas y culturales del entorno de la humanidad y logrando mantenerlas en el tiempo y el espacio.

“Un programa de Gestión Ambiental pretende encontrar respuestas adecuadas a los problemas suscitados en la relación de la sociedad y la naturaleza. Para ello, emprende acciones tendientes a generar y rescatar conocimientos; monitorear las incidencias de las políticas públicas sobre la población (especialmente, hombres y mujeres pobres del área rural) y los recursos del territorio; y sistematizar las experiencias para la construcción del modelo de desarrollo alternativo a qué aspira la sociedad”, como lo asegura la Red de Desarrollo Sostenible de Colombia (RDSC, 2015). Las acciones conllevan a la



construcción de la gestión ambiental por medio de la planificación, que da cuenta de la necesidad de generar estrategias de gestión las cuales se articulan como lineamientos siendo la alternativa de solución a la problemática ambiental determinada para el territorio.

## 3.2 MARCO CONTEXTUAL

### 3.2.1 Localización

El municipio de Viterbo se sitúa al sur occidente del departamento de Caldas, limitando al norte con los municipios de Belén de Umbría (Risaralda) y Anserma, al suroccidente con Santuario (Risaralda) y al suroriente con Belalcázar (Caldas), al oriente con Risaralda y al occidente con Apía y Santuario (Risaralda), y al sur con la Virginia y Balboa (Risaralda). Se encuentra en el Valle del Río Risaralda. Además, el municipio cuenta con una superficie total de 11.095 hectáreas, de las cuales 227 (2,04%) corresponden al área urbana y 10.868 (97,96%) al área rural, encontrándose a una altura de 998 metros sobre el nivel del mar. Su zona rural está conformada por 14 veredas (CORPOCALDAS, 2016).

*Imagen 2. Localización del municipio de Viterbo.*



Fuente: Google Maps

El municipio corresponde a la unidad orográfica que representa los valles de los ríos Cauca y Risaralda, su composición geológica registra rocas volcánicas de la era mesozoica, metamórficas y complejos meta sedimentarios. Cabe resaltar que el municipio de Viterbo se encuentra sobre la falla tectónica de Mistrató.

El clima del municipio es de régimen bimodal, o sea que existen dos periodos de alta pluviosidad (lluvioso) y dos periodos de baja pluviosidad (seco) en un año y la temperatura del municipio oscilan entre los 18 y los 24°C (CORPOCALDAS, 2016).

Viterbo basa su economía en las explotaciones agropecuarias, destacándose la parte agrícola con grandes extensiones de cultivos de caña de azúcar, caña panelera, maíz, cítricos, frutales tropicales y algo de café y en la parte pecuaria la ganadería extensiva, piscicultura y explotaciones de especies menores como cerdos y aves de corral. También es de destacar la naciente industria turística que con el auge en la construcción de condominios viene impulsando a Viterbo como un centro de descanso. La vereda La María es uno de los principales productores de plátano del municipio de Viterbo, lo cual representa gran parte de su sustento de la comunidad.

Según el DANE (2005) Viterbo en el 2015 contaba con una población de 12.469 habitantes, de los cuales 10.296 vivían en el área urbana, y 2.242 en el área rural.

La vereda La María es de vital importancia para el municipio de Viterbo, por su riqueza hídrica, cuenta con 16 viviendas en el centro poblado y tiene la escuela La María que para el año 2019 matriculó un promedio de 15 niños. En materia de educación ambiental, la institución educativa del centro poblado de la vereda La María no cuenta con un Programa Ambiental Escolar como exige el decreto 1743 de 1994. Es importante destacar la ausencia de un programa ambiental escolar en la institución de una vereda que evidencia la escasa apropiación en temas de disposición de residuos y pertenencia con el medio ambiente. Así mismo, los PRAE<sup>2</sup> involucran a miembros de instituciones del sector y organizaciones sociales, mediante la integración de conocimientos y experticias en torno a un objetivo: interpretar un problema ambiental concreto y participar en la búsqueda de soluciones, desde una gestión ambiental sostenible. Las instituciones educativas del municipio de Viterbo no disponen de (CEAM) Comité de Educación Ambiental Municipal.

El Río Risaralda atraviesa La vereda y de este río se abastece, además de ser fuente de abastecimiento también para la vereda de San Agustín (Alcaldía de Viterbo, 2000).

En el caso de la vereda, Por su parte, la cabecera municipal tiene un agua en buenas condiciones fitosanitarias, pero en el sistema de tuberías de acueducto y alcantarillado es antiguo y requiere de mantenimiento.

Por otra parte, es importante destacar la información provista por CORPOCALDAS (2016) donde se caracterizan e identifican los generadores de vertimientos puntuales en el municipio de Viterbo; la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado (EMPOCALDAS S.A. E.S.P), Frigoporcinos del eje S.A.S y la Alcaldía municipal. Así mismo, en el informe “Línea base usuarios generadores de vertimientos puntuales a corrientes superficiales” no se caracterizan los vertimientos por parte las diferentes actividades productivas llevadas a cabo tanto en la zona urbana como en la rural del municipio.

---

<sup>2</sup> Proyectos Ambientales Escolares. El decreto 1743 de 1994 instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal en Colombia.

De la misma manera cabe mencionar la cifra suministrada por CORPOCALDAS de cargas contaminantes aportadas por las empresas prestadoras del servicio de acueducto y alcantarillado. En el municipio de Viterbo para una población se estima una población de 10.286 habitantes (DANE, 2016) y una cobertura del 100% del alcantarillado del municipio (CORPOCALDAS, 2016). La carga contaminante estimada fue de 7.961 kg/año de DBO5 y 225.263 kg/año de Sólidos Suspendidos Totales (SST) valores que superan los máximos permisibles por el Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).

La finca Chapolito de propiedad del señor Juan Guillermo Calle Santa María, tiene 30 cuadras las cuales se ubican en la vereda La María del municipio de Viterbo, el predio cuenta con toma de agua propia, por lo tanto, tiene concesión de agua. La finca Chapolito tiene 10 trabajadores y su economía se basa en los cultivos de cítricos y actividades pecuarias.



### 3.3 MARCO LEGAL

La normatividad ambiental en Colombia ha sido muy dinámica y se enfocado a legislar en los temas de Residuos, Aire, Uso Racional de Energía y agua, emisión de gases, licenciamiento, sanciones, Instrumentos Económicos y Áreas Protegidas, considerando los impactos significativos generados por las actividades agropecuarias al medio ambiente (Tabla 1). El desarrollo y actualización de la normatividad ha implicado para el sector ajuste y mejoramiento en la gestión y calidad de sus procesos técnicos y ambientales, y recursos económicos adicionales para las implementaciones requeridas.

*Tabla 1. Marco legal aplicable a las actividades desarrolladas.*

NORMA	DISPOSICIÓN	OBSERVACIÓN
<b>La constitución política de Colombia de 1991</b>	Elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a través de los siguientes principios fundamentales	Derecho a un ambiente sano en su Artículo 79, la Constitución Nacional (CN) consagra que: "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines".
<b>LEY 23 DE 1973</b> <b>DECRETO 475 DE 1998</b> <b>NIVEL NACIONAL</b>	Normas técnicas de calidad del agua potable.	Esta norma constitucional puede Interpretarse de manera solidaria con el principio fundamental del derecho a la vida, ya que éste sólo se podría garantizar bajo condiciones en las cuales la vida pueda disfrutarse con calidad.  LEY 23 DE 1973  Fundamento para la adopción y expedición del Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.  DECRETO 475 DE 1998 NIVEL NACIONAL  Normas técnicas de calidad del agua potable.  Regula las actividades Relacionadas con la calidad del agua potable para consumo humano, se definen los parámetros de agua segura, sus métodos de análisis.
<b>DECRETO 1575 DE 2007</b>  <b>RESOLUCIÓN 2115 DE 2007</b>	Se establecen medidas y se reglamenta las acciones referentes a calidad del agua  Se establecen criterios de calidad de agua para consumo humano.	
<b>RESOLUCIÓN 1433 DE 2004 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.</b>	Reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV	Establece el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los

<b>NORMA</b>	<b>DISPOSICIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
		vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial. Señala las autoridades ambientales competentes, el horizonte de planificación, la presentación de información, evaluación de la información y aprobación del PSMV, seguimiento y control, régimen de transición y medidas preventivas y sancionatorias
<b>LEY 373 DE 1997 NIVEL NACIONAL</b>	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua	Impulsa el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y Acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. Además determina Campañas educativas a los usuarios. Las entidades usuarias como el DAMA por ejemplo deberán incluir en su presupuesto los costos de las campañas educativas y de concientización a la comunidad para el uso racionalizado y eficiente del recurso hídrico.
<b>ACUERDO 58 DE 1987</b>	Por la cual se establecen disposiciones sobre Vertimientos	En concordancia con el decreto reglamentario 1594 de 1984 Los usuarios que produzcan Vertimientos, deberán registrarlos ante la autoridad competente para el otorgamiento del permiso de vertimientos.
<b>RESOLUCIÓN D.A.M.A. 1074 DE 1997</b>	Por la cual se establecen los estándares ambientales en materia de vertimientos.	Regula concentraciones máximas permisibles para verter a un cuerpo de agua y o red de alcantarillado público y fija las correspondientes sanciones
<b>RESOLUCIÓN 2066 DE 2003</b>		Por la cual se adopta el documento marco para la elaboración e implementación de convenio de producción más limpia
<b>CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA</b>	El Capítulo III del Título II	Consagra lo referente a los derechos colectivos y el ambiente, específicamente en su Artículo 79 establece el derecho de todos los colombianos a gozar de un ambiente sano y el artículo 80 el cual le otorga al Estado la facultad.
<b>LEY 9 DE 1979 CÓDIGO SANITARIO NACIONAL</b>	Es un compendio de normas sanitarias relacionadas con la afectación de la salud humana y el medio ambiente	Es un compendio de normas sanitarias relacionadas con la afectación de la salud humana y el medio ambiente. Esta Ley desarrolla parcialmente algunos de los más importantes aspectos relacionados con el manejo de los residuos, desde la definición del término hasta su tratamiento y algunas prohibiciones (Ver Artículo 22 al 40).
<b>LEY 253 DE 1996</b>	Ley de aprobación en Colombia del Convenio de Basilea	Controla el movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos y prescribe la obligación general de eliminación de esta clase de residuos por parte de los países generadores. Esta Ley incluye obligaciones para el país tales Como la reducción al mínimo de generación de residuos peligrosos, creación de establecimientos e instalaciones apropiadas para la eliminación de estos residuos y

<b>NORMA</b>	<b>DISPOSICIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
		desarrollo normativo para la gestión de residuos peligrosos.
<b>LEY 430 DE 1998</b>	Ley Nacional de Manejo y Disposición de Residuos	En esta Ley se establece la prohibición de introducir al país desechos peligrosos sin cumplir con lo establecido en el Convenio de Basilea. Pero lejos de desarrollar lo establecido en este acuerdo se limitó a repetir lo ya ratificado por la Ley 253 de 1996.
<b>DECRETO LEY 2811 DE 1974</b>	Código de los Recursos Naturales Renovables	Consagra el derecho a un Ambiente sano al determinar que “la Ley regulará las acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos, relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad públicos, la moral administrativa, el ambiente (...)”. Este Código es la base para las concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y define los procedimientos generales para cada caso.
<b>DECRETO 1220/05</b>	Decreto reglamentario de la Ley 99 de 1993. Deroga el Decreto 1753 de 1994	Regula el proceso de Licenciamiento ambiental de proyectos. En él se establece el tipo de proyectos que requieren de licencia ambiental, autoridades competentes para otorgarlas, tipos de estudios que deben adelantarse, espacios de participación ciudadana en el proceso y costos asociados al trámite de la licencia
<b>DECRETO 2041 DE 15 DE OCTUBRE DE 2014</b>	Por el cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99/93 sobre Licencias Ambientales.	Establece la obligatoriedad de las licencias ambientales.
<b>DECRETO 1713/02</b>	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público	Este Decreto fue derogado por el Decreto 1713 de 2002, quedando vigente únicamente el Capítulo I del Título IV, que se refiere a las prohibiciones y sanciones que se harán a los usuarios en relación con la prestación del servicio público domiciliario de Aseo. Se destaca la prohibición de la quema de basuras y la presentación de residuos peligrosos en contenedores para el vehículo recolector (animales muertos) Especialmente.
<b>DECRETO 1505 DE 2003</b>	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) y se dictan otras disposiciones	Se aplican las siguientes definiciones: “Aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos” y “Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo”. Se establece la obligación de elaborar y mantener actualizado el Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólido, PGIRS en el cual se deberá garantizar la participación e inclusión de los recicladores y del sector solidario en la formulación del PGIRS.
<b>RESOLUCIÓN 189 DE 1994 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE</b>	Se prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos y define los criterios de clasificación De un residuo peligroso.	Se definen teniendo en cuenta sus características exclusivas los siguientes tipos de residuo: peligroso, infeccioso, combustible, inflamable, explosivo, radioactivo, volátil, corrosivo, reactivo y tóxico. Pero a pesar de este esfuerzo no se Clarifican las obligaciones y

<b>NORMA</b>	<b>DISPOSICIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
		responsabilidades de los generadores de los diferentes tipos de residuos descritos.
<b>RESOLUCIÓN 1164 DE 2002, EXPEDIDO POR LOS MINISTERIOS DE MEDIO AMBIENTE Y SALUD</b>	Adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los Residuos Hospitalarios y Similares (MPGRH).	Establece los procedimientos correspondientes para el manejo y disposición de los residuos hospitalarios en el territorio nacional.
<b>RESOLUCIÓN 8321 MIN. SALUD</b>		Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el Bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.
<b>RESOLUCIÓN D.A.M.A. 832 DE 2000 (24 ABRIL)</b>		Adopta el Sistema de Clasificación Empresarial por el Impacto Sonoro sobre el Componente Atmosférico de Contaminación por Ruido.
<b>NORMATIVIDAD AMBIENTAL PLAGUICIDAS</b>	Manejo, almacenamiento y transporte de plaguicidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 1843 de 1991. Manejo de Plaguicidas y otras disposiciones.</li> <li>- Decreto 2092. Plaguicidas de uso doméstico.</li> <li>- Decreto 1609, Transporte de sustancias peligrosas.</li> <li>- Decreto 1443 de 2004. Puesta en mercado de Productos plaguicidas</li> <li>- Decreto 4741 de 2005. Manejo de desechos peligrosos en marco de Gestión Integral.</li> <li>- Resolución 693 de 2007. Devolución de empaques de productos plaguicidas.</li> </ul>
<b>RESOLUCIÓN 2640 DE 2007</b>	Emanada del ICA. Sistema de Supervisión y Certificación de la Inocuidad en la producción primaria de carne de cerdo para el consumo humano, buscando constituirse en una herramienta de socialización de la mencionada Resolución	Esta determina los requisitos sanitarios que deben cumplir las granjas dedicadas a la producción de porcinos, con el fin de proteger la vida, la salud humana y el ambiente.
<b>DECRETO 2257 DE 1986.</b>		Prohíbe la tenencia y crianza de cerdos al interior de cascos urbanos.
<b>DECRETO 948 DE 1995</b>		Se establecen procedimientos y reglamentación frente a La calidad del aire.

Fuente: Elaboración propia con base a la normatividad colombiana vigente.

## 4 METODOLOGÍA

Para el alcance de los objetivos específicos y el objetivo general definido dentro del presente proyecto se llevó a cabo el desarrollo de los componentes básicos: Áreas de Influencia Ambiental de la actividad; Diagnóstico ambiental; Descripción de las actividades productivas; Evaluación de Impactos y Propuesta de Gestión Ambiental.

En términos generales se realizarán las siguientes actividades:

- ✓ Se elaborará un cronograma de trabajo para la ejecución de las actividades planificadas como parte del estudio.
- ✓ Se realizará reconocimiento e inspección al lugar donde se desarrolló el proyecto, para la recopilación de información general relacionada con las características del entorno y las actividades productivas, así como la identificación de relaciones existentes entre los componentes económicos, sociales y ambientales.
- ✓ Se efectuaron reuniones de trabajo, con los responsables y administradores de la finca, con la finalidad de conocer las características del mismo, de su equipamiento y de las actividades que se realizan durante los distintos procesos.
- ✓ Se efectuó la revisión del marco legal ambiental pertinente y aplicable para las actividades productivas y demás que correspondan.
- ✓ Se realizó el análisis relacionado con la identificación, valoración y evaluación de los impactos ambientales.
- ✓ Con la base de la identificación, valoración y evaluación de los impactos ambientales, se definieron estrategias que conlleven a una propuesta de gestión ambiental aterrizada y aplicable para la realidad del territorio.
- ✓ Se organizó toda la información obtenida, con la finalidad de incorporarla al informe escrito como insumo final para el desarrollo total del proyecto.

La gestión ambiental involucra un sinnúmero de factores, los cuales nunca son suficientes ni absolutos por lo que la incertidumbre es el ámbito base en el que el proyecto debe realizar, conllevando a que todos los elementos incluidos sean flexibles y adaptables. Por lo tanto, el soporte metodológico del presente proyecto se apoya de distintas metodologías y distintas técnicas y herramienta que buscan desarrollar los objetivos propuestos y soportar los resultados obtenidos.

“La planificación ambiental estratégica puede definirse como un instrumento para implementar los lineamientos de una planificación en el largo plazo de objetivos ambientales y sustentables en el territorio, considerando tanto las iniciativas privadas como de gobierno. Entre los objetivos de una adecuada planificación ambiental estratégica podemos mencionar el asegurar un alto nivel de protección del Medio Ambiente, el contribuir a la integración de las consideraciones ambientales en la elaboración y preparación de los planes y programas y el promover un desarrollo

sostenible mediante una evaluación ambiental de planes y programas que puedan tener efectos significativos sobre el Medio Ambiente”<sup>3</sup>

El diagnóstico implica el proceso, que considera tanto factores internos (de la finca) como externos (ambiente en el que se desenvuelve); con las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que cada uno involucra, permite generar un propósito acorde con los objetivos que se persiguieran de acuerdo con el esquema que el diagnóstico planteado.

La aplicación de esta metodología permite llegar a un análisis en el desarrollo de estrategias de gestión ambiental de la finca y permite la adaptación de cambios en los procesos de planificación acordes a las necesidades presentes en el territorio.

En primera la fase metodológica (Conceptual) se hizo uso y aplicación de herramientas y técnicas como la entrevista, la revisión documental y análisis y selección de los documentos existentes que da insumos para la resolución de la segunda fase (analítica), sin dejar de lado la información recolectada en salidas de campo y la información primaria y secundaria.

En la fase analítica se aplicaron técnicas propias de la Planeación estratégica como lo es la Matriz DOFA, logrando el cruce de variables para definir estrategias DO, FA, FO, DA. En complemento al análisis de la anterior matriz se utilizó la Matriz de Análisis Estructural, que aporta la priorización de las variables definida en la matriz DOFA (4 debilidades, 4 fortalezas, 4 oportunidades y 4 amenazas) y que plasmadas e interpretadas en un plano cartesiano establece las variables con mayor influencia en la de gestión ambiental del predio, variables definidas como “variables de poder” que fueron vitales y trascendentales para la definición de los estrategias de gestión ambiental propuestos (Fase Propositiva). Posteriormente se formula y consolida del documento final.

Para conocer el comportamiento de algunos impactos ambientales se elaboró un modelo de simulación para explorar alternativas de gestión y de soporte al diseño de las estrategias. Como técnicas se usa la simulación discreta de una variable y la simulación continua con Dinámica de Sistemas mediante el uso del software Stella.

---

<sup>3</sup> Tomado de GRN Asesorías Ambientales en Chile. Disponible en: <https://www.grn.cl/estrategia-ambiental/planificacion-ambiental-estrategica.html>. Chile, 2018.

*Tabla 2. Diseño metodológico*

<b>Fase</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Resultados</b>	<b>Actividades</b>	<b>Técnicas y/o herramienta</b>
<b>Conceptual</b>	Diagnosticar la gestión ambiental del predio Chapolito	Estado actual de la gestión ambiental de los procesos internos de la finca	-Recopilación y análisis de información secundaria y primaria	Simulación de variables aleatorias y modelos de simulación con software Stella.
<b>Analítica</b>	Identificar conflictos y potencialidades ambientales en torno a la gestión ambiental	Identificación de conflictos y potencialidades	-Análisis de información. -Identificación y evaluación de los problemas ambientales en el área de influencia.	Mapa de actores Matriz DOFA Matriz de análisis estructural
<b>Propositiva</b>	Diseñar estrategias de Gestión Ambiental, para la finca Chapolito hacia el mejoramiento ambiental.	Lineamientos de gestión ambiental Elaboración del documento final	-Definición de estrategias para la orientación de la gestión ambiental. -Elaboración de la propuesta de mejoramiento de la gestión ambiental -Elaboración del documento final.	Análisis de la matriz DOFA Análisis estratégico

Fuente: elaboración propia

## 5 SIMULACIÓN DEL CONTEXTO

Durante la fase analítica y propositiva, se hizo uso de la técnica de simulación a través del programa Excel, el cual fue transversal al estudio del comportamiento de las dinámicas causantes de impactos ambientales, desde el planteamiento de las variables requeridas, hasta la simulación de diferentes escenarios que emergen y que sirven de insumo en la toma de decisiones, óptimas en el manejo de los recursos naturales de la Finca El Chapolito, así como de la gestión de la misma, teniendo como partida, los datos reales de la Finca.

Las variables que tenidas en cuenta fueron: número de cerdos, peso del animal, cantidad de estiércol diaria producida por animal, área total efectiva para la cría de cerdos, y área que ocupa cada cerdo según su peso. Estos datos fueron ordenados en Excel y se obtuvieron los valores promedio, máximos y mínimos de cada variable (Tabla 3). Para el estudio de caso se seleccionan los datos de un día cualquiera donde hay un mínimo 200 cerdos y máximo 286.

Con los datos se decidió estimar la cantidad de estiércol producida por animal en un día con un intervalo de confiabilidad del 95%, y dejar como base comportamientos observados de manera que se pueda **modelar la cantidad de estiércol producido, almacenado y utilizado para fertilizar**, en un día cualquiera para la Finca.

*Tabla 3. Variables seleccionadas y distribución estadística.*

Variable	Valor promedio	Valor Max.	Valor Min.	Distribución estadística
Número de animales	243	286	200	NA
Peso de animales (Kg)	64	120	8.3	NORMAL
Cantidad de estiércol producida por animal (Kg/animal*día)	2.65	3	2.3	Empírica

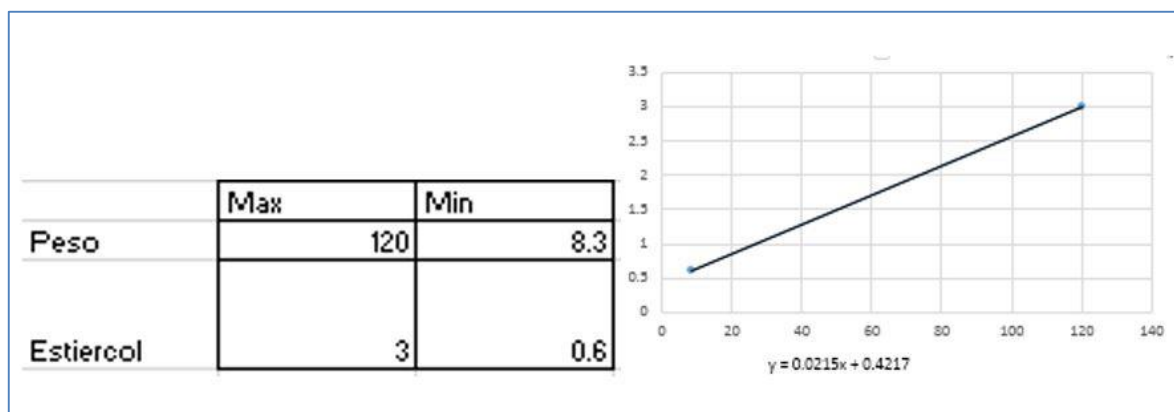
Partiendo del peso total de los estiércoles de 120 cerdos, seleccionados al azar y agrupados en tres clases se obtuvo: cerdos que pesan menos de 25 kg (cría), cerdos que pesan entre 25 y 100 kg (juveniles); y el otro grupo, de cerdos que pesan entre 100 y 150 kg (adultos). Para los cerdos en cría, se obtuvo un promedio de 0,6 kg; para los juveniles, registró 2,3 kg de estiércol producido; y para los cerdos adultos, un valor promedio de 3 kg. De esta manera se pueden establecer relaciones entre peso de animal / cantidad de purín generado, peso de



animal / edad, y la relación entre volumen de purines generado, acumulado y usado para fertilización. Y finalmente se podrá correlacionar la masa de purines disponible con el volumen de purines (relación más-volumen) para fertilización, atendiendo las dimensiones del área a fertilizar.

Dado que se pretendía observar la relación matemática lineal entre kg de estiércol producido por cada kg de cerdo, se tomaron los valores máximos y mínimos entre el peso de los cerdos y el estiércol producido (en función de su peso) y se graficaron según la tabla 3 correspondiente a la Imagen 3. En esta función se asume que a medida que el peso del cerdo es mayor, la producción de estiércol se reduce hasta un máximo de 0,025 kg/kg de peso del cerdo.

*Imagen 3. Relación de valores máximos y mínimos de peso de cerdos y la generación de estiércol (ecuación de regresión).*



Seguidamente, se realizó una tabla registrando los pesos de 286 cerdos en un día cualquiera (A), la cantidad de estiércol por cada animal (B), proporción de estiércol por cada Kilogramo de cerdo en cría (C), cantidad de estiércol por animal según su peso (D), para la cual la ecuación de la recta fue clave para estimarlo, toda vez que en ella se encuentran todos los pesos y la producción de cada uno; y la relación (masa/masa) entre peso de animales y peso de estiércol producido por cabeza (E), el cual se obtuvo de dividir (D) entre (A) (ver Tabla 4).

*Tabla 4. Variables y cantidad de estiércol generado por cada Kg de cerdo para diez cerdos.*

	Asumiendo valores de tabla de cerdos		Dependiendo del peso	
peso de cerdos (A)	estiercol por animal (Kg/anim al) (B)	kg estiercolor día/ kg peso cerdo (C)	estiercol por animal (Kg/día) (D)	kg estiercolor día/ kg peso cerdo (E)
92.14	2.3	0.025	2.403	0.026
102.09	2.3	0.023	2.617	0.026
20.87	0.6	0.029	0.870	0.042
14.41	0.6	0.042	0.732	0.051
54.95	2.3	0.042	1.603	0.029
26.33	2.3	0.087	0.988	0.038
12.57	0.6	0.048	0.692	0.055
73.19	2.3	0.031	1.995	0.027
62.59	2.3	0.037	1.767	0.028
12.35	0.6	0.049	0.687	0.056
64.37	2.3	0.036	1.806	0.028
58.10	2.3	0.040	1.671	0.029

Finalmente, se realizó el mismo cálculo para 286 cerdos y se generó la Tabla 5 con los datos estadísticos.

*Tabla 5. Estadísticas de la producción de estiércol en la Finca El Chapolito*

Variable	Estadísticas	Valor
C	Promedio de estiércol por kg de cerdo	0.038
	Tamaño muestra	286
	Desviación estándar	0.017553
	LIC(0,95)	0.0359
	LSC(0,95)	0.0400
A	Peso promedio por cerdo	63.92
	Desviación estándar	30.81925
	LIC(0,95)	60.3444
	LSC(0,95)	67.4882
D	Promedio de estiércol por kg de cerdo	1.777
	Tamaño muestra	286
	Desviación estándar	0.683761
	LIC(0,95)	1.70
	LSC(0,95)	1.86
E	Estimación al total estiércol (286 cerdos)	
	LIC(0,95)	485.51
	LSC(0,95)	530.84

Para hallar los límites inferior y superior, se utilizó la fórmula que se muestra en la Imagen 4. Como dato relevante se obtiene que con un Intervalo de confiabilidad del 95%, la producción de estiércol promedio un día cualquiera en la finca El Chapolito, estará entre 485.51 y 530.84 Kg de estiércol. Sin embargo, estos datos quedan como base para realizar estimación con cantidades diferentes de cerdos siempre y cuando se establezca el mismo Intervalo de Confianza.

*Imagen 4. Expresión para calcular intervalos de confianza con varianza conocida.*

$$\bar{X} \pm Z^* \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dónde:

- $\bar{x}$  es la muestra promedio;
- $\sigma$  es la desviación estándar de la población;
- $n$  es el tamaño de la muestra;
- $Z^*$  representa el valor apropiado de la distribución normal estándar para su nivel de confianza deseado.

Posteriormente, se tomaron las relaciones entre el peso de estiércol seco y húmedo, después de lavar los establos. La proporción entre estiércol húmedo con respecto al seco es de 3,6. Lo que indica que, una vez lavados los establos, los purines aumentan su relación líquido-sólido 3,6 veces. Este dato es importante, toda vez que se debe entender la relación volumen de purín por cada unidad de área de suelo que requiere fertilización.

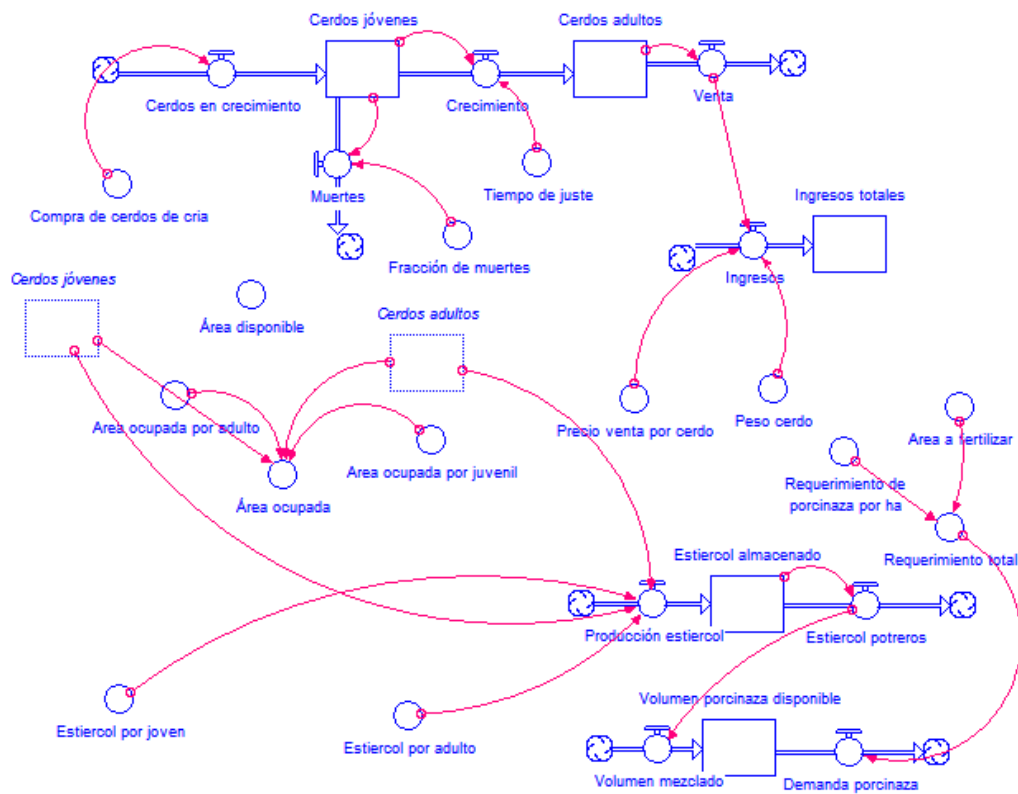
La agrupación de variables por relaciones o proporciones nos genera tasas de producción de estiércol, esto con el fin de planificar una correcta gestión de la porcinaza, la cual es inherente a la optimización del espacio. No obstante, para dimensionar la producción de purines de manera integral, se hizo uso del software Stella<sup>4</sup>, donde se simuló un sistema dinámico con variables como la cantidad de cerdos comprados en un momento, tasa de muertes por rango etario (adultos y jóvenes), precio de venta por cerdo, área ocupada por cerdo, requerimiento de estiércol por hectárea de suelo, entre otras. Estos datos son fundamentales para la toma de decisiones de la finca (Imagen 5), tanto para el manejo de residuos como para el diseño de alternativas sostenibles a corto, mediano y largo plazo.

El modelo de simulación (Imagen 5) parte de la compra de un número aleatorio de cerdos de cría, entre 50 y 70 cerdos, donde cada 90 días se repite la compra de animales (Función PULSE), tras la muerte de los cerdos jóvenes, una proporción pasa al estado de adultez donde son comercializados. La relación entre los flujos de cerdos se observa en la Imagen 6, donde al correr el modelo, se observa que el segundo semestre presenta mayor cantidad de cerdos jóvenes que adultos, a diferencia que el tercer trimestre, el cual presentó mayor cantidad de población adulta que joven, esto podría explicarse por las tasas de muerte y de comercialización de animal.

---

<sup>4</sup> La licencia actual disponible es 6.0 y se realizó una validación con una versión demo descargada de la web <https://www.iseesystems.com/store/products/>.

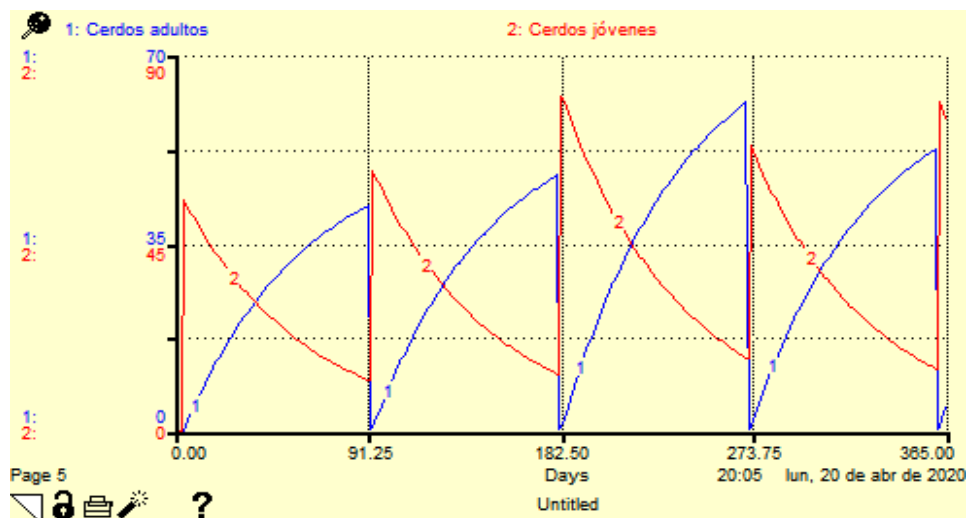
*Imagen 5. Bucle multivariado que simula producción y almacenamiento de estiércol en la Finca El Chapolito.*



**Fuente:** Elaboración propia en STELLA.

Nota. Las ecuaciones del modelo en Stella se presentan en el Anexo 1.

*Imagen 6. Gráfica del número de cerdos jóvenes y adultos simulados a lo largo de un año.*



**Fuente:** Elaboración propia en STELLA.

Todos los animales en un día cualquiera generarán entre 444 y 523 kg de estiércol (con IC de 95%) el cual es sobredimensionado cuando estos residuos son lavados y mezclados con la orina, generando un volumen 3,6 veces mayor al peso del estiércol producido, por lo tanto, se establece una relación entre la demanda de purines disponibles y purines acumulados. A partir de aquí se genera un balance entre volumen de porcinaza.

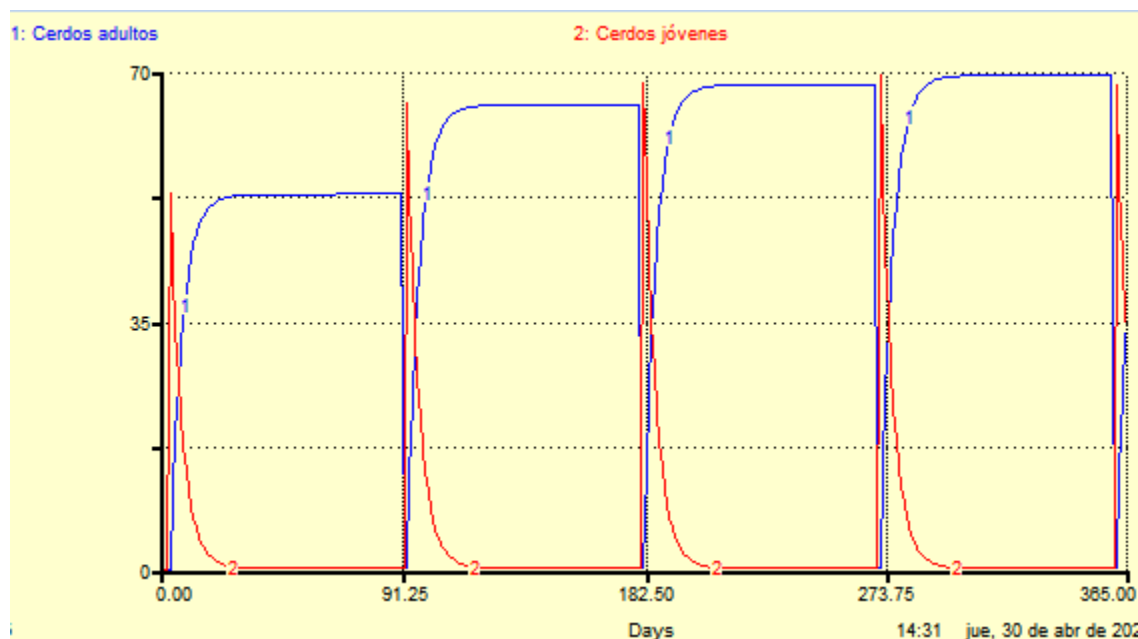
Otro factor que se abordó fue el área ocupada por cada animal y el área destinada para recibir porcinaza. En este sentido se establece una relación entre el volumen de estiércol producido, almacenado y el disponible para fertilización de suelos de cultivo.

Se realizó revisión documental de fuentes secundarias y se obtuvo el requerimiento de purines (líquidos) por hectárea de suelo usado (1.022 L/ha).

Ejecutando el modelo durante un año, asumiendo que para las 18 hectáreas de superficie disponible para fertilizar se requiere un volumen de 18.396 Litros de purines.

La tasa de mortalidad de los cerdos al pasar de jóvenes a adultos es del 0,45%, de esta manera se grafica el comportamiento simulado de la cantidad de cerdos jóvenes y adultos durante un año (Imagen 7).

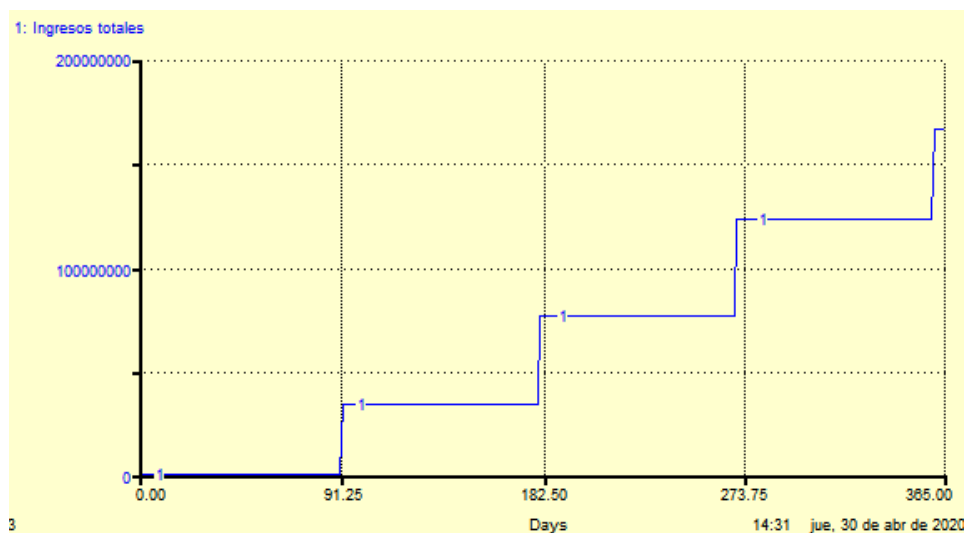
*Imagen 7. Cantidad de cerdos adultos y jóvenes de la Finca con tasa de mortalidad de 5%.*



**Fuente:** Elaboración propia en STELLA.

El comportamiento del flujo de caja es proporcional al flujo de cerdos comercializados a fin de año si se atiende a la Imagen 8. En este gráfico los ingresos se hacen evidentes cada 91 días coincidiendo en el aumento de cerdos adultos para comercializar.

*Imagen 8. Comportamiento simulado de los ingresos totales brutos de la finca El Chapolito.*



**Fuente:** Elaboración propia en STELLA.

El comportamiento del crecimiento y comercialización de cerdos se muestra dinámico y en crecimiento según la demanda de empresas comercializadores de cerdo y derivados.

La tabla 6 muestra la relación mensual entre el volumen de porcinaza producida (mezclado como purines) y el requerimiento de fertilizante para las 10 hectáreas. La diferencia entre volumen generado (mezclado) y el requerimiento total determina el volumen de porcinaza sobrante o disponible (Imagen 8).

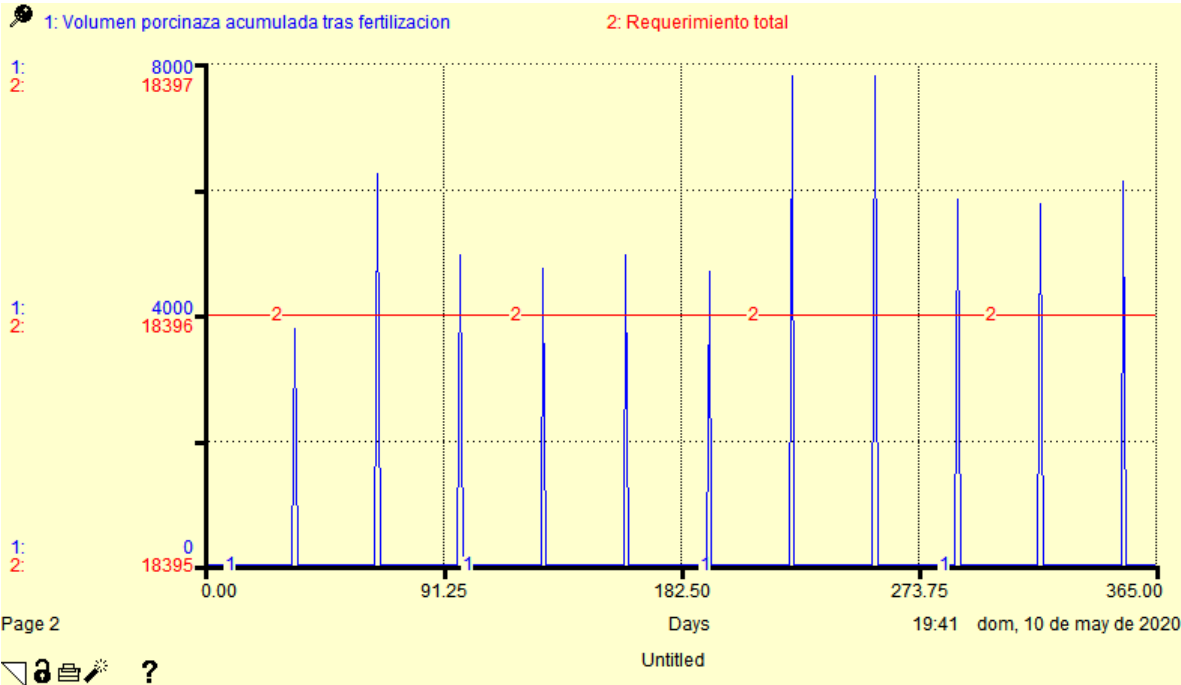
En la Imagen 9 se relaciona el volumen requerido y el volumen sobrante de purines una vez fertilizado el área efectiva (18 Ha). Así, el tiempo que se tarda en utilizar la biomasa como fertilizante del suelo, coincide cada 32 días, con el tiempo de acumulación y estabilización.

Tabla 6. Relación mensual del volumen de purines generado y el requerido para fertilizar.

19:31 10-05-2020	Table 2 (Untitled Table)	
Days	Volumen mezclado	Requerimiento total
23	0.00	18.396.00
24	0.00	18.396.00
25	0.00	18.396.00
26	0.00	18.396.00
27	0.00	18.396.00
28	0.00	18.396.00
29	0.00	18.396.00
30	0.00	18.396.00
31	0.00	18.396.00
32	20.280.57	18.396.00
33	0.00	18.396.00
34	0.00	18.396.00
35	0.00	18.396.00
36	0.00	18.396.00
37	0.00	18.396.00
38	0.00	18.396.00
39	0.00	18.396.00
40	0.00	18.396.00
41	0.00	18.396.00

Fuente: Elaboración propia extraída de STELLA.

Imagen 9. Simulación del volumen de porcinaza disponible y requerido para la fertilización de cultivos de la finca El Chapolito.



Fuente: Elaboración propia en STELLA

## 6 DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE GESTIÓN AMBIENTAL, PARA LA FINCA CHAPOLITO HACIA EL MEJORAMIENTO AMBIENTAL.

Por otro lado, se realizó una matriz DOFA con las principales limitantes y potencialidades de la Finca en cuestión de manejo de residuos. Teniendo en cuenta las dinámicas mostradas en las simulaciones, en la matriz DOFA se relacionaron aspectos positivos y negativos del sistema interno (Finca) y del externo (Tabla 7).

*Tabla 7. Análisis de matriz DOFA.*

<p><b>Fortalezas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maneja una buena genética</li> <li>2. Instalaciones adecuadas para cada proceso</li> <li>3. Buen sistema de drenaje</li> <li>4. Transformación de estiércol en abono</li> </ol>	<p><b>Oportunidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incentivo y apoyo gubernamental en el sector de porcícola.</li> <li>2. El mercado ha empezado a crecer en cuanto al consumo de carne de cerdo</li> <li>3. Explorar y aprovechar los recursos naturales</li> <li>4. Se genera empleos</li> </ol>
<p><b>Debilidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La finca no cuenta con un técnico en el área</li> <li>2. Problemas al tramitar permisos sanitarios</li> <li>3. no cuenta con suficiente espacio para tener más cerdas que se encuentran en estado de gestación.</li> <li>4. No cuenta con personal calificado</li> </ol>	<p><b>Amenazas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brote de enfermedades que ataca a los cerdos en el país</li> <li>2. Variación de precio en la materia prima</li> <li>3. Inestabilidad económica a nivel mundial</li> <li>4. Incremento en el costo de la producción</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia

La realización de la DOFA estuvo enfocada en desarrollar estrategias encaminadas a tener un buen mercado competitivo. Se cruzaron las Fortaleza-Oportunidades (DO), Fortalezas-Amenazas (FA), Debilidades-Oportunidades (DO) y Debilidades-Amenazas (DA) obteniendo los siguientes resultados:

- Estrategia FO: Entrar en el mercado de los subproductos de la industria porcícola.
- Estrategia FA: Disminuir los costos de producción internos mediante procedimientos para el manejo ecológico de residuos.
- Estrategia DO: Incursionar con la posibilidad de ampliar mercado de los subproductos de la industria porcícola compitiendo con un producto de buena calidad.



- Estrategia DA: Encaminar la producción hacia la industria de la carne de cerdo transversalizando buenas prácticas y tecnologías ambientalmente apropiadas.

Para asegurar el correcto seguimiento y control a cada estrategia, se decide seleccionar indicadores que integren y evalúen las estrategias planteadas con anterioridad. Los indicadores son:

1. Cantidad de subproductos introducidos en el mercado y en los procesos de producción.
2. Número de clientes nuevos cada trimestre.
3. Certificaciones de Calidad referentes a manejo de residuos.
4. Cantidad de dinero mensual ahorrado equivalente por la gestión de estiércol

Los indicadores serán de ayuda para tener y proponer objetivos concretos que sean susceptibles de medición y cumplimiento de las estrategias que se implementarán.

## **6.1 ESTRATEGIAS GENERALES DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Para la elaboración y planificación de estrategias, las Debilidades se cruzaron con Oportunidades y las Fortalezas con las Amenazas para así determinar potencialidades y limitaciones del sistema estudiado.

Se propondrá la implementación del Sistema de Gestión de Calidad ISO 14001:2004 la cual acreditará a la Finca como un productor reconocido.

Los residuos serán reducidos con la fertilización de las 18 Ha, respetando los tiempos de estabilización de los purines. Además, los volúmenes almacenados podrán ser gestionados mediante pozos de biogás, para lo cual se requiere otro estudio de viabilidad.

Son resultado de la implementación de las anteriores estrategias relación FA, pues el tener productos de calidad a precios moderados, sólo se obtendrá si se realiza acciones de corto, mediano y largo plazo para la óptima gestión de la Finca y su cumplimiento con la normatividad. La disminución de costos de producción y tasas retributivas facilitan la estabilidad de precios que pueden ser accesibles para mayor número de compradores.

La estrategia principal sería la construcción de un sistema de estabilización y acopio de lodos en los tiempos en los que se acumula el estiércol en procesos de estabilización de manera que se controlen los olores y los volúmenes de estiércol que pueden incurrir en obstáculos para el tratamiento de los purines y de su tratamiento. Como ejemplo de esto se podría implementar camas blandas con material absorbente en las cocheras, estas consisten en camas de material absorbente, evitando infiltraciones de desechos líquidos y sólidos fuera del galpón, con un tiempo máximo de uso de 4 meses.

En cuanto a la generación y control de olores, se establecerá un perímetro de barreras vivas (árboles y arbustos) permanentes tupidas que impidan dispersar corrientes de aire que permitan la dispersión de olores, además de generar un valor agregado a la belleza escénica del paisaje.

El deterioro de la capa edáfica y de los niveles inferiores, a causa de aguas residuales con elevadas cargas orgánicas van a ser objeto de estabilización, secado y venta a terceros, lo que implica que será utilizado como bioabonos o como alimento para rumiantes.

Otra estrategia planteada a fin de disminuir costos, es la de destinar algún área de la finca destinado a coberturas y forrajes que sirvan de alimento a los animales. De esta misma manera se tratará de buscar diálogo y relaciones organizacionales con grupos sociales productores a fin de establecer dinámicas sectoriales en términos competitivos y comparativos.

Como estrategias de ahorro y eficiencia energética se establecerán medidas de uso eficiente del agua como dispositivos ahorradores en mangueras, grifos de establos, y en general de todos los lugares de la finca que cuenten con grifos de agua; la implementación de bombillas LED ahorradoras de energía, contribuirá a la eficiencia energética. En este sentido no sólo se reduce la Huella Ecológica sino también los costos a los que la organización deberá hacer frente.

La estrategia de evaluación y control constará en el seguimiento mensual de los cálculos de indicadores propuestos en el apartado anterior. Todos los resultados serán evaluados en Excel y documentadas en informes mensuales.

El planteamiento de metas con indicadores de cumplimiento resultan ser una estrategia en el control de la gestión ambiental de la organización, más allá de ser un cumplimiento meramente formal para los auditores y entes de control.

## **7 CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES**

Las dinámicas evidenciadas en la Finca El Chapolito responden a dinámicas aleatorias reproducidas con los datos reales que se fueron dando. Ante esto se obtuvo un rango de producción promedio de porcínaza según el peso y el número de animales.

Por un lado, se puede observar que, en las diversas iteraciones del modelo, los cerdos adultos van en aumento a diferencia de los jóvenes, los cuales se mantienen con una tasa de mortalidad baja, lo que a la larga acumula animales. Sin embargo, cada 3 meses hay un pulso que simula la venta total de los cerdos, coincidiendo con el tiempo de compra de cerdos en cría y comenzar de nuevo el ciclo de crecimiento.

El aumento de la cantidad de cerdos comercializados (adultos) coincide con el aumento en los ingresos (pulso a los 92 días). Siguiendo este orden de ideas, la utilidad obtenida tiende a aumentar cada año manteniendo las variables iniciales y generando comandos para números aleatorios entre los rangos previamente establecidos en Excel.

Se observa que a lo largo del tiempo se va acumulando estiércol, sin embargo, en todas las iteraciones, el fin de año se caracteriza por tener cantidades mínimas. Los resultados indican que se debe analizar soluciones en la gestión de este tipo de residuos.

Además, en todas las iteraciones, los primeros 92 días generaban menor cantidad de estiércol que los siguientes trimestres, atendiendo que la diferencia entre volumen de porcínaza y volumen requerido para fertilización deja excedentes y con esto acumulación.

Con los datos simulados y los resultados obtenidos, se ve la necesidad de generar un plan de uso y manejo de residuos de origen agrícola y ganadero que permita unir esfuerzos encaminados a una eficiencia de la finca y la disminución de los posibles impactos que el manejo inadecuado de residuos ha estado ocasionando hasta el momento.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de la DOFA fue seleccionar los aspectos considerados más relevantes en cuanto a atributos positivos y negativos, internos y externos del sistema de estudio, enfocando la Finca en un sistema de producción más limpia o sostenible. El próximo apartado explica de manera más detallada las estrategias resultantes de la matriz.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Concejo Municipal de Viterbo. 2018. Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Viterbo 2018-2027. <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1296/2016-09-14InformeLineaBaseUsuariosProcesoConsulta2016.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS). 2016. Informe de Línea Base de EOT Viterbo.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2005. Censo Nacional de Población y Vivienda.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2016.
- Díaz, C. 2016. Metodología Interdisciplinaria desde el Estudio de la Problemática Ambiental del Tramo Urbano de la Cuenca del Río Consotá: Hacia el Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Extraído de: <https://core.ac.uk/download/pdf/11051584.pdf>
- Duque, A. 2006. La Perspectiva de los Cambios Ambientales. En: Cambios Ambientales en Perspectiva Histórica, Ecología Histórica y Cultural, Carlos López y Marta Cano Vol. 2. Pereira.
- González, L. A. 2016. Las Ciencias Ambientales. Fundamento para comprender la problemática ambiental desde el campo de la educación: Primer Congreso Nacional de Educación Ambiental ANEA A.C. - UNICACH del 8 al 11 de noviembre de 2016. Chiapas, México.
- GRN Asesorías ambientales en Chile. Consultado el 15 de junio de 2019. Extraído de: <https://www.grn.cl/estrategia-ambiental/planificacion-ambiental-estrategica.html>. Chile, 2018
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. 1989. Marco Normativo: Decretos. Extraído de: [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/contenidos/plantilla\\_anclasDocs\\_cont\\_pagDetalle.jsp?idMenu=70](http://www2.igac.gov.co/igac_web/contenidos/plantilla_anclasDocs_cont_pagDetalle.jsp?idMenu=70)

- Leff, E. 2006. Aventuras de la Epistemología Ambiental: de la articulación de ciencias al diálogo de saberes. Siglo XXI. Ciudad de México.
- Massolo, L. 2015. Introducción a las Herramientas de Gestión Ambiental. Libros De Cátedra. Universidad Nacional La Plata. Argentina.
- Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 2002. Guía de gestión administrativa SIGAM, Opciones Gráficas, Bogotá.
- Red de Desarrollo Sostenible de Colombia. Portal de Gestión Ambiental. Consultado el 10 de Mayo de 2020. Extraído de: <https://www.rds.org.co>
- Tobasura, I. 2009. Aportes de Caldas al pensamiento y movimiento ambiental colombiano. Luna Azul 28 (enero-junio). ISSN 1909-2474. Revisado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n28/n28a06.pdf>
- Universidad del Valle, U del Cauca y Universidad Tecnológica de Pereira. 2009. Plan curricular de Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales. Resumen ejecutivo.
- Software STELLA versión 9.1.3. Copyright © 1997- 2009 isee systems, inc. All rights reserved.

## 9 ANEXOS

### 9.1 Anexo 1. Ecuaciones del modelo Stella

$\text{Cerdos\_adultos}(t) = \text{Cerdos\_adultos}(t - dt) + (\text{Crecimiento} - \text{Venta}) * dt$

INIT Cerdos\_adultos = 0

INFLOWS:

$\text{Crecimiento} = \text{Cerdos\_jóvenes} / \text{Tiempo\_de\_juste}$

OUTFLOWS:

$\text{Venta} = \text{pulse}(\text{Cerdos\_adultos}, 90, 90)$

$\text{Cerdos\_jóvenes}(t) = \text{Cerdos\_jóvenes}(t - dt) + (\text{Cerdos\_en\_crecimiento} - \text{Crecimiento} - \text{Muertes}) * dt$

INIT Cerdos\_jóvenes = 0

INFLOWS:

$\text{Cerdos\_en\_crecimiento} = \text{Compra\_de\_cerdos\_de\_cria}$

OUTFLOWS:

$\text{Crecimiento} = \text{Cerdos\_jóvenes} / \text{Tiempo\_de\_juste}$

$\text{Muertes} = \text{Cerdos\_jóvenes} * \text{Fracción\_de\_muertes}$

$\text{Estiercol\_almacenado}(t) = \text{Estiercol\_almacenado}(t - dt) + (\text{Producción\_estiercol} - \text{Estiercol\_potreros}) * dt$

INIT Estiercol\_almacenado = 0

INFLOWS:

$\text{Producción\_estiercol} =$

$\text{Cerdos\_jóvenes} * \text{Estiercol\_por\_joven} + \text{Cerdos\_adultos} * \text{Estiercol\_por\_adulto}$

OUTFLOWS:

$\text{Estiercol\_potreros} = \text{pulse}(\text{Estiercol\_almacenado}, 32, 32) \{ \text{kg} \}$

$\text{Ingresos\_totales}(t) = \text{Ingresos\_totales}(t - dt) + (\text{Ingresos}) * dt$

INIT Ingresos\_totales = 0

INFLOWS:

$\text{Ingresos} = \text{Venta} * \text{Peso\_cerdo} * \text{Precio\_venta\_por\_cerdo}$

$\text{Volumen\_porcinaza\_disponible}(t) = \text{Volumen\_porcinaza\_disponible}(t - dt) + (\text{Volumen\_mezclado} - \text{Demanda\_porcinaza}) * dt$

INIT Volumen\_porcinaza\_disponible = 0

INFLOWS:

$\text{Volumen\_mezclado} = 8.1 * \text{Estiercol\_potreros}$  {Valor en Litros de estiercol + orin+ aguas de lavado}

OUTFLOWS:

$\text{Demanda\_porcinaza} = \text{Requerimiento\_total}$

$\text{Area\_a\_fertilizar} = 18 \text{ \{ha\}}$

$\text{Área\_disponible} = 100000 \text{ \{m}^2\}$

$\text{Área\_ocupada} =$

$\text{Cerdos\_jóvenes} * \text{Area\_ocupada\_por\_juvenil} + \text{Cerdos\_adultos} * \text{Area\_ocupada\_por\_adulto}$

$\text{Area\_ocupada\_por\_adulto} = 0.83 \text{ \{m}^2\}$

$\text{Area\_ocupada\_por\_juvenil} = 0.54 \text{ \{m}^2\}$

$\text{Compra\_de\_cerdos\_de\_cria} = \text{pulse}(\text{random}(50,70),1,90)$

$\text{Estiercol\_por\_adulto} = \text{random}(3,7.72)$

$\text{Estiercol\_por\_joven} = \text{random}(2.81,8.02)$

$\text{Fracción\_de\_muertes} = 0.05/90$

$\text{Peso\_cerdo} = \text{normal}(110,5)$

$\text{Precio\_venta\_por\_cerdo} = 5900 \text{ \{$/kg\}}$

$\text{Requerimiento\_de\_porcinaza\_por\_ha} = 1022 \text{ \{l/ha\}}$

$\text{Requerimiento\_total} = \text{Requerimiento\_de\_porcinaza\_por\_ha} * \text{Area\_a\_fertilizar}$

$\text{Tiempo\_de\_juste} = 60$